

# PEMESINAN NONKONVENSIONAL PLASMA ARC CUTTING

**Al Antoni Akhmad<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin -Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih km 32 Kec. Inderalaya 30662 -OKI  
E-Mail : [al\\_antoni@unsri.ac.id](mailto:al_antoni@unsri.ac.id), [alantoni78@yahoo.com](mailto:alantoni78@yahoo.com)

## Ringkasan

*Dalam proses pemesinan dikenal 2 jenis proses pemesinan, yaitu pemesinan konvensional dan pemesinan nonkonvensional. Salah satu jenis pemesinan nonkonvensional ini adalah Plasma Arc Cutting. Plasma Arc Cutting sangat banyak digunakan dalam berbagai industri yang menggunakan bahan baku logam. Jenis torch pada Plasma Arc Cutting ini ada banyak. Setiap jenis torch mempunyai karakteristik tertentu dan fungsi tertentu.*

## Abstract

*In machining process known 2 kind machining process, conventional machining and nonconventional machining. Plasma Arc Cutting is example nonconventional machining. Plasma Arc Cutting so many used in all of kind industry that use metal as raw material. In Plasma Arc Cutting there are many kind of torch. Every torch has specific characteristic and specific function.*

**Keywords:** Plasma Arc Cutting.

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi yang digunakan oleh manusia selalu mengalami perubahan seiring dengan perkembangan zaman. Perubahan teknologi tersebut semakin hari semakin bertambah canggih dan semakin kompleks.

Dalam proses pemesinan dikenal 2 jenis proses pemesinan, yaitu pemesinan konvensional dan pemesinan nonkonvensional. Salah satu jenis pemesinan nonkonvensional ini adalah Plasma Arc Cutting.

Perkembangan dunia industri saat ini tidak terlepas dari peran teknologi yang terus maju dan berkembang pesat seiring dengan perkembangan zaman. Semua jenis material baik logam maupun nonlogam dapat digunakan oleh industri setelah mengalami berbagai proses pengolahan seperti; peleburan, pengecoran, pencetakan, pengelasan, perlakuan permukaan, pengerjaan panas, pengerjaan dingin, pemotongan dan perakitan.

Salah satu proses pengolahan bahan baku industri tersebut yaitu dengan proses pemotongan. Secara konvensional, proses pemotongan dapat dilakukan dengan mesin bubut, mesin frais, mesin gerinda dan lain-lain. Selain secara konvensional, proses pemotongan bisa dilakukan secara nonkonvensional yang memanfaatkan teknologi canggih seperti; Computer Numeric Control (CNC), Laser Beam Machining (LBM), Plasma Arc Machining (PAM), Abrasive Jet Machining (AJM), Ultrasonic Machining, Chemical Machining, Electro Chemical Machining, Electro Discharge Machining, Ion Beam Machining, dan masih banyak lagi yang lainnya.

Plasma Arc Machining yang merupakan salah satu proses pemesinan nonkonvensional yang

memanfaatkan gas yang terionisasi menjadi penghantar listrik dan dialirkan menuju busur wolfram dengan suhu yang sangat tinggi yang digunakan untuk memotong material yang umumnya terbuat dari logam.

## Perumusan Masalah

- Bagaimana proses terjadinya plasma?
- Bagaimana Prinsip Kerja proses Plasma Arc Machining ?
- Ada Berapa Jenis Torch pada Plasma Arc Machining ?
- Apa saja kelebihan dan kekurangan dari Proses Plasma Arc Machining ?
- Hal-hal apa saja yang perlu di perhatikan agar proses Plasma Arc Machining dapat beroperasi dengan efektif ?

## Tujuan Penulisan

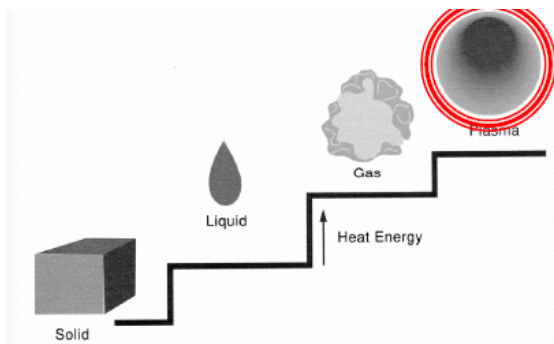
Tujuan dari tulisan ini adalah untuk menyebarkan informasi pemesinan nonkonvensional *Plasma Arc Cutting*.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Plasma adalah suatu bentuk fase zat ke-4 setelah fase padat, cair, dan gas. Jika ditambahkan kalor, es akan berubah wujud dari padat ke cair, dan jika diberikan kalor berlebih maka zat cair tersebut akan berubah menjadi uap. Jika Uap tersebut ditambahkan kalor lagi maka akan berubah menjadi wujud plasma.

Jika air ditambah sejumlah energi kalor maka air tersebut akan menguap dan mengurai menjadi dua

gas yakni oksigen dan hidrogen (Gambar 1.). Dengan menambah sejumlah energi lagi pada fase uap air tersebut, akan didapatkan sejenis karakteristik fase yang mudah terpengaruh terhadap temperatur dan elektrisitas. Proses ini disebut proses Ionisasi, yaitu terjadinya ion dan elektron bebas melalui atom gas. Jika Keadaan ini terjadi maka fase zat tersebut telah berubah menjadi Plasma, yang memiliki efek konduktifitas yang sangat tinggi terhadap listrik karena banyak elektron bebas yang tersebar dan berpotensi untuk menyerap arus listrik. Fenomena alam yang mengaplikasikan secara langsung pemanfaatan fase plasma ini dapat dilihat pada fenomena terjadinya petir/halilintar. Banyak prinsip yang mengaplikasikan konduktifitas yang sangat tinggi pada plasma untuk diterapkan pada material terutama logam. Contohnya, jika pada sejenis logam tidak efektif mengantarkan arus listrik maka dapat disimpulkan bahwa jenis logam tersebut ber hambatan tinggi. Tegangan listrik yang tinggi diperlukan untuk memberikan gaya pada elektron-elektron arus listrik untuk dapat melalui jenis logam yang ber hambatan tinggi tersebut, dimana akibat dari penambahan tegangan listrik tersebut, logam tersebut menjadi panas.



Gambar 1. Tingkatan fase molekul pada air dalam beberapa kondisi



Gambar 2. Fenomena alam yang memanfaatkan prinsip fase plasma

Fenomena listrik pada logam tersebut sama dengan Plasma pada logam yang akan dipotong, jika logam tersebut berdaya hantar listrik rendah maka akan timbul peningkatan suhu disekitar lokasi proses

pemotongan karena adanya aliran tegangan yang sangat tinggi untuk mendorong arus elektron agar dapat menembus hambatan logam tersebut (Gambar 2).

### Prinsip Kerja Plasma Arc Cutting

Proses Plasma Arc Cutting diawali dengan terbentuknya busur wolfram (arc) di antara elektroda dan benda kerja dari hasil reaksi ionisasi listrik terhadap gas potong yang sangat konduktif. Gas dipanaskan oleh busur wolfram hingga suhunya meningkat sangat tinggi lalu gas akan terionisasi dan menjadi penghantar listrik (Gambar 3). Gas dalam kondisi ini disebut plasma. Plasma ini dialirkan melalui nosel untuk melakukan pemotongan benda kerja. Akibat konsentrasi energi dari plasma maka bagian benda kerja tersebut akan mencair dengan cepat. Ketika aliran gas meninggalkan nosel, gas berkembang cepat membawa serta logam cair, sehingga proses pemotongan berjalan terus.

Suhu plasma ini bisa mencapai  $33.000^{\circ}\text{C}$ , kira-kira 10 kali suhu yang dihasilkan oleh reaksi oksigen dan asitelin.



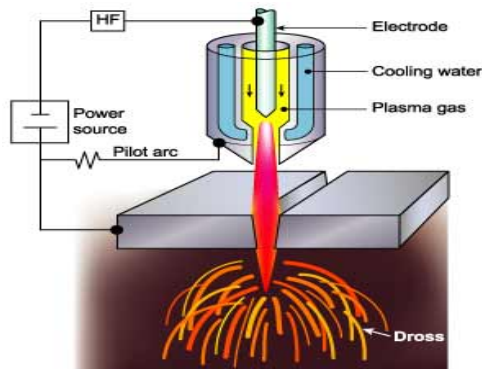
Gambar 3 Salah Satu Bentuk Mesin Plasma Arc Cutting

Gas yang digunakan pada plasma adalah argon, hidrogen dan nitrogen. Kombinasi argon dan nitrogen memberikan hasil yang terbaik. Untuk operasi pemotongan digunakan campuran 80% argon dan 20% hydrogen dengan arus sekitar 400 amper, untuk arus yang lebih tinggi digunakan campuran 65 : 35. Nitrogen hanya digunakan untuk memotong baja tahan karat, karena uapnya beracun diperlukan sistem pembuangan yang baik. Busur plasma bisa digunakan dengan operasi tangan maupun mesin, busur ini

dimanfaatkan untuk pemotongan aluminium, baja tahan karat, tembaga, magnesium.

Sumber daya yang diperlukan untuk proses plasma arc harus memiliki tegangan tinggi. Walaupun tegangan operasi untuk mempertahankan plasma biasanya 50 sampai 60V tetapi tegangan awal yang dibutuhkan bisa mencapai 400V DC.

Proses pemotongan dengan plasma ini secara skematis dapat dilihat seperti gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 Prinsip dasar proses pemotongan dengan Plasma

Gas yang digunakan pada Plasma Arc Cutting ada 2, yaitu :

1. Gas Primer, gas ini merupakan gas yang dapat membuat busur plasma. Contohnya : Nitrogen, Argon, Hidrogen, atau campuran dari ketiga bahan tersebut.
2. Gas Sekunder atau Air, gas sekunder berfungsi untuk mengelilingi busur elektrik dalam melindungi lokasi sekitar proses pemotongan dari gas primer agar lebih fokus dan tidak menyebar kemana-mana.

Aliran *torch* pada mesin busur plasma dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

#### **Turbulent Mode**

Tipe operasi pengerjaan jenis ini digunakan untuk mendapatkan nyala api dengan kecepatan yang tinggi dan mempunyai ukuran yang pendek. Selain ukurannya pendek, nyala api yang dihasilkan pada penggunaan operasi *Turbulent Mode* ini mempunyai temperatur agak dingin pada daerah di luar nosel. Metode ini sering digunakan dalam proses pemotongan, pengelasan dan proses penyemprotan.

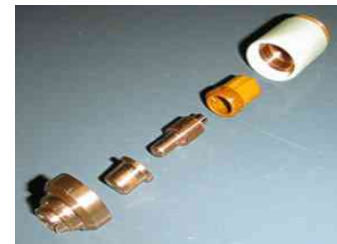
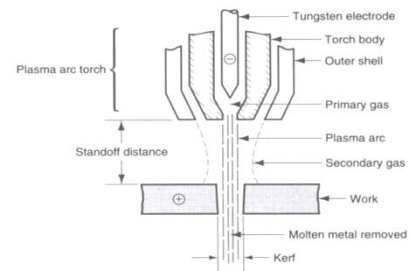
#### **Laminar Mode**

Tipe operasi pengerjaan jenis ini digunakan untuk mendapatkan nyala api dengan kecepatan yang rendah dan mempunyai ukuran yang panjang. Gas yang memiliki laju aliran rendah dipertahankan di dalam suatu nosel yang panjang untuk mendapatkan nyala api yang laminar. Metode ini digunakan untuk pengerjaan material yang diinginkan terjadinya percikan dari lelehan logam yang menetes. Pada penggunaan dengan metode laminar, nyala api

mempunyai kecepatan sekitar 50 m/s dan panjang nyala api sekitar 900 mm.

#### **Tipe Torch pada Plasma Arc Cutting**

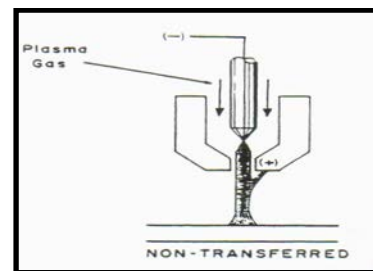
Torch adalah wadah proses ionisasi gas primer oleh elektroda tungsten yang akan dialirkan melalui nozzle (Gambar 5).



Gambar 5 Komponen Torch pada Plasma Arc Cutting

Ada dua macam tipe *torch* yang digunakan di dalam mesin busur plasma (*Plasma Arc Machine*) yaitu (Pandey, 1980 : 119) :

#### **Nontransferred arc torch**



Gambar 6 Non-Transfer Arc Torch

Pada Nontransfer (Gambar 6) Arc Torch kutub negatif (-) berada pada *tungsten electrode*, sedangkan kutub positif (+) berada *torch body*.

Torch jenis ini ada beberapa macam, yaitu:

- a. *Turbulent mode flame torch*

Nyala api yang dihasilkan *torch* jenis ini memiliki kecepatan tinggi dan mempunyai panjang nyala api sekitar 15 cm.

Torch ini menggunakan elektroda yang berdiameter kecil dan nosel yang memiliki panjang lubang 25 mm. Diameter orifis yang pada jenis ini dapat diubah-ubah. *Torch* jenis ini biasanya digunakan untuk pengerjaan semprot (*spraying*), pengerjaan insulator dan sintesis kimia.

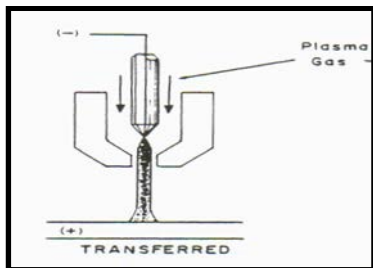
b. *Laminor mode flame torches*

Nyala api yang dihasilkan *torch* jenis ini memiliki kecepatan rendah dan mempunyai panjang nyala api sekitar 1 m. Torch ini menggunakan elektroda yang berdiameter kecil dan nosel yang memiliki panjang lubang lebih dari 125 mm. Nyala api yang dihasilkan dengan *torch* mode ini biasanya digunakan untuk proses *spherodizing* dan proses peleburan keramik.

c. *High power torches*

*Torch* jenis ini dirancang untuk busur yang mempunyai temperatur tinggi dan dioperasikan dengan arus listrik yang sangat tinggi (lebih 2000A). Untuk mencegah terjadinya pengikisan electrode di nosel *torch* digunakan bahan magnetik yang bersifat mengikat medan listrik.

**Transfer arc torch, terdiri dari :**



Gambar 7 Single Transfer Arc Torch

Pada Transfer Arc Torch (Gambar 7) kutub negatif (-) berada pada *tungsten electrode*, sedangkan kutub positif (+) berada benda kerja.

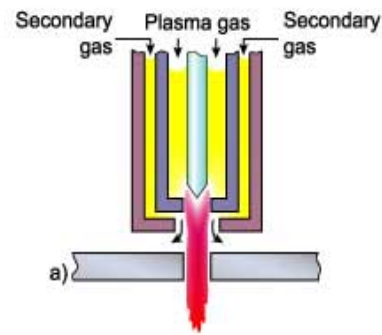
Torch jenis ini ada beberapa macam, yaitu:

a. *Singgle flow torch*

*Torch* ini merupakan jenis yang paling sering digunakan pada operasi-operasi pengerjaan logam. Mode ini mempunyai elektroda yang berbentuk piringan yang *ditaper* pada bagian sisi-sisinya. Panjang lubang didalam nosel dijaga seminimal mungkin (3-5 mm). *Singgle flow torch* biasanya digunakan untuk pengerjaan pemotongan baja dengan berbagai tipenya, aluminium dan berbagai jenis tembaga.

b. *Dual flow torch*

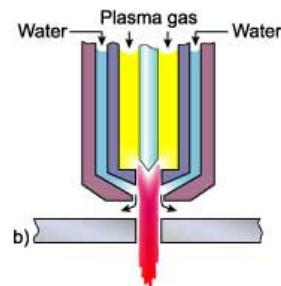
Pada *dual flow torch* ini terdapat adanya penambahan aliran gas yang mengitari busur utama untuk melindungi benda kerja (Gambar 8). Pada pemotongan baja karbon aliran gas tambahannya adalah oksigen. Pada pemotongan dengan plasma yang menggunakan oksigen mempunyai kecepatan potong yang sangat tinggi.



Gambar 8 Dual Flow Torch

c. *Water Injection Plasma Torch*

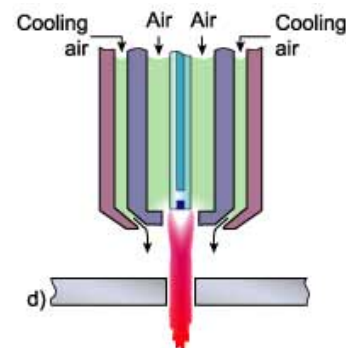
Pada torch jenis ini digunakan air sebagai pelindung plasma, bentuknya seperti gambar 9 berikut.



Gambar 9 Water Injection Plasma Torch

d. *Air Injection Plasma Torch*

Plasma pembentukan gas (Argon atau nitrogen) dapat diganti dengan udara tetapi ini memerlukan elektroda khusus dari hafnium zirconium atau tembaga yang terpasang di dudukan. Elektroda hafnium zirconium harganya sangat mahal, oleh karena itu bisa diganti dengan elektroda tungsten, bentuknya seperti gambar 10 berikut.

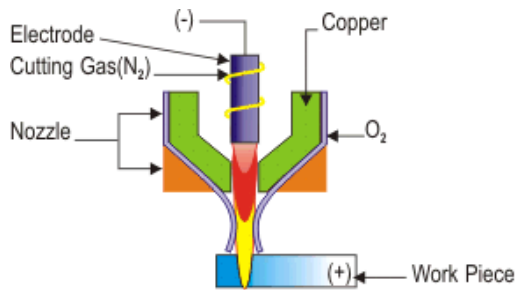


Gambar 10 Air Injection Plasma Torch

e. *Oxygen Injection Plasma Torch*

Jenis *torch* ini menggunakan *zirconium* sebagai elektrodanya. Jenis *torch* menggunakan oksigen sebagai plasmanya. Umur elektroda pada jenis torch ini pendek (Gambar 11).





Gambar 11 Oksigen Injection Plasma Torch

f. *Welding torches*

*Torch* ini dioperasikan untuk mendapatkan aliran turbulen yang minimal dan memiliki kecepatan yang rendah. Hal ini dimaksudkan agar logam cair/logam las tidak terlempar keluar. Elektroda yang digunakan umumnya lebih kecil dari pada elektroda yang digunakan pada *plasma cutting*. Nosel yang digunakan juga lebih besar dari pada *plasma cutting*. Untuk hasil yang lebih baik digunakan rangkaian *transferred-type torch* dengan aliran torch laminar.

g. *Micro torches* atau *needle torches*

*Torch* jenis ini hampir sama dengan nyala pengelasan (*welding torches*), bedanya pada daya yang digunakan sangat kecil (sekitar 1 KW). Penggunaan tipe ini pada pengelasan atau pemotongan lembaran logam yang tipis. *Torch* tipe ini dapat dioperasikan dengan rangkaian *transferred-type torch* maupun *nontransferred-type torch*.

### 3. PEMBAHASAN

#### Kelebihan dan Kekurangan Plasma Arc Cutting

##### Kelebihan

- Dapat memotong berbagai macam logam seperti Baja Karbon, Aluminium, Stainless Steel, paduan nikel, kuningan, tembaga, tungsten, tembaga, besi cor, titanium, dan zirkonium.
- Mampu memotong logam yang bertebal 150 mm
- Mudah dioperasikan bagi operator yang baru menggunakannya.
- Biaya operasi dan perawatan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pemotongan dengan laser atau oxy-fuel.

##### Kekurangan

- Memiliki Zona efek pemanasan (Heat Affected Zone/HAZ) yang luas
- Hasil akhirnya berpermukaan kasar disekitar proses pemotongan
- Susah untuk mendapatkan titik fokus pemotongan yang tajam

- Berasap dan bising

Perbandingan Plasma Arc Cutting dengan Proses Pemotongan Nonkonvensional lainnya dapat adalah sebagai berikut :

Proses	Kecepatan	HAZ	Ketelitian	Jenis Material
Abrasive Jet machines	tinggi	Tidak ada	Cukup baik	metal, kaca, keramik, batu pualam (marble), granit dan lain-lain.
Wire EDM	rendah	Ada tapi Kecil	Tinggi (tergantung arus yang dipakai)	Logam yang dapat menghantarkan listrik
Laser	Baik untuk benda tipis	Ada tapi Kecil	Cukup baik	baja lunak tidak yang memantulkan cahaya (non-reflective mild steel)
Plasma	Tinggi	Ada	Rendah	Logam yang dapat menghantarkan listrik

#### Hal yang perlu diperhatikan dalam operasi Plasma Arc Cutting

- Zona Efek Pemanasan/ HAZ (0,75-5 mm)
- Tekanan gas yang dianjurkan 1 – 1,4 MPa
- Jarak antara Torch dan benda kerja harus konstan.
- Peralatan keselamatan bagi operator (sarung tangan, penutup telinga, kacamata pelindung, jaket, sepatu , dll)
- Operator harus ditraining dahulu sebelum dihadapkan pada tugas sebenarnya.
- Harus dihindari percikan, panas, bising dari plasma.

Contoh bentuk produk Plasma Arc Cutting seperti pada gambar 12 berikut.



Gambar 12 Contoh Product Plasma Arc Cutting

#### 4. KESIMPULAN

1. Plasma merupakan bentuk ke-4 fase suatu benda selain padat, cair, dan gas yang didapatkan dari pemanasan lanjut dari suatu uap ke tahap yang lebih superheated dimana pada fase ini bersifat sangat konduktif terhadap listrik.
2. Prinsip dasar Plasma Arc Cutting adalah adanya busur wolfram (arc) terbentuk di antara elektroda dan benda kerja dari hasil reaksi ionisasi listrik terhadap gas potong yang sangat konduktif.
3. Plasma Arc Cutting terbagi menurut jenis alirannya menjadi Turbulent mode dan Laminar mode; sedang menurut jenis torchnya dibagi menjadi Transfer Arc dan Non-Transfer Arc, dimana pada Non-Transfer Arc dibagi lagi menjadi Air Injection Plasma Torch, Water Injection Plasma Torch, Oksigen Injection Plasma Torch, dan Dual Injection Plasma Torch.
4. Kelebihan dari Plasma Arc Cutting yaitu; dapat memotong berbagai logam, mampu memotong logam yang tebalnya 150 mm dan mudah dioperasikan. Sedang kekurangannya yaitu; memiliki HAZ yang luas, hasil akhirnya disekitar permukaan pemotongan kasar, susah untuk mendapatkan titik fokus pemotongan yang tajam serta berasap dan bising.
5. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain; HAZ 0,75-5 mm, tekanan gas yang dianjurkan 1 – 1,4 MPa, jarak harus konstan antara torch dan benda kerja, peralatan keselamatan bagi operator (sarung tangan, penutup telinga, kacamata pelindung, jaket, sepatu, dll), operator harus ditraining dahulu, harus dihindari percikan, panas, bising dari plasma

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1].Bagiasna, Komang, & Yuwono, Sigit, “*Proses – Proses Non Konvensional*”, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITB
- [2].E. Paul DeGarmo, J.T. Black, Ronald A. Kohser, “*Materials And Processes In Manufacturing*”, 8<sup>th</sup>, Prentice-Hall of India, New Delhi, 2002.
- [3].<http://www.torchmate.com/catalog/catalog/tmcatsm.pdf>
- [4].<http://videos.howstuffworks.com/amtrak-video.htm>
- [5].[http://www.airliquidewelding.com/documentation/pdf/W000236356\\_2.pdf](http://www.airliquidewelding.com/documentation/pdf/W000236356_2.pdf)